

螺旋粉虱的生物学特性

韩冬银, 刘奎, 张方平, 黄武仁, 张敬宝, 金启安, 符悦冠*

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 热带农林有害生物入侵监测与控制农业部重点开放实验室/

海南省热带农业有害生物检测监控重点实验室, 海南儋州 571737)

摘要: 螺旋粉虱 *Aleurodicus dispersus* Russell 是一种新入侵海南的重要害虫。本文结合田间观察和室内实验, 对螺旋粉虱各虫态的形态特征及生物学特性进行了系统观察和研究。结果表明: 螺旋粉虱世代的发育起点温度和有效积温分别为 8.88℃ 和 511.86 日·度, 在海南一年可发生 8~9 代。在 18~32℃ 恒温条件下, 螺旋粉虱世代发育历期为 26.63~57.16 d, 其中卵期 7.15~15.93 d, 1 龄若虫期 4.00~11.03 d, 2 龄若虫期 3.83~7.53 d, 3 龄若虫期 4.09~8.64 d, 拟蛹期 7.56~14.03 d。在 18~32℃ 条件下, 各虫态发育速率与温度呈抛物线关系, 但在 18~28℃ 则为直线关系; 低温和高温都不利于其繁殖, 14℃ 恒温条件下无法完成世代发育。成虫不活跃, 活动有明显的规律性, 晴天活动多集中在上午, 阴天活动少, 雨天不活动。

关键词: 螺旋粉虱; 生物学特性; 形态; 发育历期; 发育起点温度; 有效积温; 生命表

中图分类号: Q968.1 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2009)03-0281-09

Biological characteristics of the spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera: Aleyrodidae)

HAN Dong-Yin, LIU Kui, ZHANG Fang-Ping, HUANG Wu-Ren, ZHANG Jing-Bao, JIN Qi-An, FU Yue-Guan* (Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien Pests, Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Pests Detection and Control for Tropical Agriculture of Hainan Province, Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: The spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell, is a newly destructive invasive pest in Hainan Island, China. The morphology and biology of the spiralling whitefly were studied systematically through observations and experiments both in fields and laboratory. The results showed that the developmental threshold and the effective accumulative temperature for whole generation were estimated to be 8.88℃ and 511.86 degree-days, respectively, and 8–9 generations could occur per year in Hainan Island. In the temperature range of 18℃ to 32℃, the developmental duration from egg to adult is 26.63 to 57.15 d (including that for egg 7.15–15.93 d, 1st instar nymph 4.00–11.03 d, 2nd instar 3.83–7.53 d, 3rd instar 4.09–8.64 d and 4th instar 7.56–14.03 d), but the whitefly failed to survive at 14℃. The temperature higher or lower than 28℃, however, displayed negative effects on the population increase of the whitefly. The adults are normally active at dawn and dusk, especially at calm, uncloudy dawn (7:00 am) or in the cloudy morning (9:00 am), but mostly inactive in rainy day.

Key words: Spiralling whitefly (*Aleurodicus dispersus*); biological characteristics; morphology; developmental duration; developmental threshold; effective accumulative temperature; life table

基金项目: 社会公益研究专项“热带作物重要外来有害生物预警技术研究”(2004DIA4J012); 2008 年公益性行业(农业)科研专项(200803023); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项“螺旋粉虱在海南暴发的生态管理研究”(2007hzz1J008)

作者简介: 韩冬银, 女, 1980 年 6 月生, 海南文昌人, 硕士, 助理研究员, 从事农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: hdy426@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: fygcatas@163.com

收稿日期 Received: 2008-09-02; 接受日期 Accepted: 2008-12-17

螺旋粉虱 *Aleurodicus dispersus* Russell 是一种新入侵海南的重要害虫, 属同翅目 (Homoptera) 粉虱科 (Aleyrodidae), 具有传播方式多样、寄主种类多和繁殖速度快等特点, 至今几乎遍布整个泛热带地区 (CAB International, 1993; Neuenschwander, 1994; 温宏治等, 1994; Mani *et al.*, 1996; Prathapan, 1996; 虞国跃, 2007)。海南 2006 年首次发现螺旋粉虱, 之后迅速暴发成灾 (韩冬银等, 2008)。螺旋粉虱在圣诞红上持续为害 35 d 时, 其为害率与为害度分别为 98% 及 82%; 持续为害 48 d 时, 全株叶片枯萎而丧失观赏价值 (温宏治等, 1995)。在番石榴上连续为害 4 个月时, 叶片被害率为 64%, 产量损失 80% (温宏治等, 1995)。

目前有关螺旋粉虱生物学特性的研究并不多, 主要为寄主种类调查、寄主范围的研究 (Babu, 1999; Lambkin, 1999; Dubey, 2004) 及不同寄主植物对其生长发育的影响 (Douressamy, 2002; Banjo, 2003; Rajamma, 2005)。另外, Russell (1965) 描述了螺旋粉虱的分类特征, 报道了其在室温条件下卵、1~4 龄若虫的发育历期及产卵量; 我国台湾于 1988 年传入, 之后钱景泰等 (2002) 及温宏治等 (1994) 分别以菜豆和美人蕉为寄主在恒温下研究了卵及 1~4 龄若虫的发育历期、产卵及成虫活动习性等。而有关螺旋粉虱形态发育的渐变过程、羽化、成虫活动节律、生殖方式等方面的研究还未见报道。因此, 为了明确螺旋粉虱在热带地区, 特别是在我国海南的生物学特性, 有效地防控螺旋粉虱, 本研究以番石榴作为寄主植物, 对螺旋粉虱的生物学特性、生活习性等进行了系统研究, 为螺旋粉虱有效防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

螺旋粉虱采自海南省文昌市城郊路边的番石榴树。将采集的虫源置于中国热科院环境与植物保护研究所 (海南省儋州市) 隔离棚中, 以盆栽番石榴植株进行饲养, 繁殖备用。

1.2 形态特征观察

从隔离棚中采集螺旋粉虱不同虫态的个体, 在带有测微尺的体视显微镜 (Nikon SMZ1500) 下进行形态特征观察, 并测量各虫态的体长和最大体宽 (发育中期), 每虫态测量 30 头。

1.3 成虫习性观察

1.3.1 羽化与性比: 在 26~31℃、RH 70% ± 10%

的实验室条件下, 将带有螺旋粉虱拟蛹的番石榴以脱脂棉保湿后放入塑料养虫盒 (20 cm × 10 cm × 4 cm) 内, 盒盖上开一通气口 (10 cm × 3 cm), 细纱网封闭, 以利于空气流通。由预备实验获知, 成虫夜间不羽化 (19:00 - 5:30), 因此实验从 5:30 - 19:30 每 2 h 观察 1 次, 记录成虫羽化数量并统计雌雄性比, 共计检查成虫 1 150 头。

1.3.2 成虫活动节律: 成虫日活动节律的观察于 10 - 11 月进行。在田间条件下分别于晴天、阴天和雨天观察螺旋粉虱成虫在番石榴上的活动节律。在距离番石榴树 25 ~ 35 cm 处, 于东、西、南、北 4 个方向各挂一个 24 cm × 35 cm 的黄板, 5:00 - 19:00 每 2 h 观察 1 次, 记录黄板上粘杀的成虫数量, 每天更换一次新板, 连续观察 3 d。

1.3.3 生殖方式与繁殖能力: 由预备实验获知, 成虫羽化 8 h 后方可交配, 交配主要发生在下午。因此, 取同一时间羽化的 1 日龄成虫, 每片番石榴叶片保留 5 对成虫, 每次观察 3 片叶片, 共计观察 30 对成功交尾的成虫。实验从 14:30 开始, 17:00 结束, 连续观察成虫的交尾行为, 并记录每对成虫交尾持续的时间及交尾次数。

孤雌生殖: 取带有即将羽化的螺旋粉虱拟蛹的番石榴叶片, 每叶片保留 1 头拟蛹, 小心去除叶片上的其他个体, 叶片保湿后放入培养皿 (9 cm) 中, 培养皿用扎有通气孔的保鲜膜封闭, 每皿放入 1 片叶片, 于人工气候箱中 (加拿大 Conviron 公司、CMP4030) (26℃, RH 75% ± 10%) 饲养直至成虫羽化。成虫羽化后去除雄性个体, 观察雌性成虫的产卵行为及产卵量, 共观察 30 头产卵成虫。将所产的卵饲养至成虫羽化, 鉴别雌雄。两性生殖实验中除每叶片保留 2 头拟蛹外, 其他条件同孤雌生殖, 待成虫羽化后, 保留成功交配的雌性成虫。

1.4 温度对螺旋粉虱发育与繁殖的影响研究

1.4.1 温度对螺旋粉虱发育的影响: 实验在人工气候箱中进行, 温度分别为 14, 18, 20, 24, 26, 28 和 32℃, RH 75% ± 10%, 光周期 L:D = 12:12, 采用分龄期单头饲养的方法观察其发育历期。以新鲜的番石榴枝条供成虫产卵, 24 h 后去除成虫, 取同一天的卵, 于气候箱中观察直至若虫孵化。若虫期从上一龄期的末期开始观察, 直至下一龄期完成。枝条插于营养液中保鲜。每隔 24 h 记录各虫态的发育情况及存活率, 实验重复 3 次, 每重复观察 20 头/粒。

1.4.2 温度对螺旋粉虱成虫羽化节律的影响: 将带

有螺旋粉虱拟蛹的番石榴叶片以脱脂棉保湿后放入塑料养虫盒(同上),然后分别于16, 18, 20, 24, 26, 28 和 32℃的人工气候箱[RH 75% ± 10%, 光周期 L:D = 12:12(6:00–18:00 为光照时间)]中饲养,每处理至少 100 头,每天 00:00–5:30 观察 1 次,5:30–19:30 每 2 h 观察 1 次,记录成虫羽化数量。每天更换养虫盒,直至各处理羽化成虫的数量达 90 头以上。

1.4.3 温度对成虫寿命的影响:实验条件同 1.4.1。取带有螺旋粉虱拟蛹的番石榴叶片以脱脂棉保湿后,放入培养皿(9 cm)中,培养皿用扎有通气孔的保鲜膜封闭,每皿放入 1 片叶片;成虫羽化后,小心去除叶片上未羽化的个体,每天定时观察记录成虫的存活情况。实验重复 5 次,每重复 10 头。

1.4.4 温度对成虫繁殖能力的影响:实验条件同 1.4.1。取带有螺旋粉虱拟蛹的番石榴叶片,每叶片保留 1 头拟蛹,小心去除叶片上的其他个体,保湿后放入培养皿中,培养皿用扎有通气孔的保鲜膜封闭,每皿放置 1 片叶片,成虫羽化后每叶片保留 1 头雌性成虫(两性生殖,每叶片保留 2 头拟蛹,保留成功交配的雌性成虫),记录其产卵量,每处理观察产卵成虫 30 头以上。

1.5 数据处理

根据不同温度下各虫态的发育速率,采用回归直线法(张孝羲, 2002)计算其发育起点温度和有效积温,同时采用二次回归方程拟合螺旋粉虱发育速率与温度的关系。

根据不同温度条件下各虫态的存活数量和死亡数量,并计算死亡率,组建特定年龄种群生命表。种群趋势指数(*I*)按张孝羲(2002)的方法进行计算。

所有数据均为平均值 ± SE,采用 Excel 和 SAS 软件统计、分析。

2 结果与分析

2.1 形态特征

卵(图版 I: A1 ~ A4):长椭圆形, (0.30 ± 0.02)mm × (0.11 ± 0.01)mm, 表面光滑, 一端有一柄状物, 主要为固定作用。散产, 多覆盖有白色蜡粉。初产时白色透明, 随后逐渐发育变为黄色。

若虫:若虫共 4 个龄期。

1 龄若虫(图版 I: B1 ~ B3):虫体大小为(0.33 ± 0.03)mm × (0.15 ± 0.01)mm, 触角 2 节, 足 3 节;初

孵若虫虫体透明, 扁平状, 随虫体发育逐渐变为半透明至淡黄色或黄色, 背面隆起、体背分泌少量絮状蜡粉。复眼红色, 足发达。1 龄若虫主要于上午孵化, 孵化后转移至叶脉两侧固定取食。

2 龄若虫(图版 I: C1 ~ C5):虫体大小为(0.48 ± 0.02)mm × (0.26 ± 0.03)mm, 足、触角退化, 分节不明显;初脱皮时虫体透明, 扁平状, 无蜡粉;随虫体发育逐渐变为半透明至淡黄色或黄色, 背面隆起, 体背、体侧分泌有少量絮状或丝状蜡粉;2 龄后期虫体钝厚, 椭圆形, 体上蜡粉减少。2 龄若虫于叶脉两侧(相对固定, 各龄若虫在条件不适宜时都会移动)取食(图版 I: F)。

3 龄若虫(图版 I: D1 ~ D4):与 2 龄若虫相似, 虫体大小为(0.67 ± 0.06)mm × (0.42 ± 0.06)mm, 足、触角进一步退化, 分节不明显;发育中期, 体背有少量絮状蜡粉, 体周缘长有放射状细腊丝, 长约为虫体的一半。

拟蛹(4 龄若虫)(图版 I: E1 ~ E4):虫体大小为(1.02 ± 0.08)mm × (0.69 ± 0.08)mm, 初脱皮时透明, 扁平状, 无蜡粉, 随虫体发育逐渐由半透明转至淡黄色或黄色, 背面隆起, 足、触角和复眼完全退化, 随着虫子发育体上的蜡粉逐渐增多、蜡丝加长, 体背有很多形态各异的蜡孔, 分泌絮状蜡粉;在虫体胸部和腹部分别有 1 对和 4 对复合孔, 分泌丝状蜡粉, 是螺旋粉虱区别于其他粉虱的主要特征;丝状蜡丝最长可达虫体 10 倍以上。舌状突两侧的蜡孔分泌粗厚的毛刷状蜡丝。羽化成虫后, 拟蛹壳背中线上留有一羽化孔。

成虫(图版 I: G ~ K):翅展为 3.50 ~ 4.65 mm, 雌雄个体均具有两种形态, 即前翅有翅斑型和前翅无翅斑型。前翅有翅斑的个体明显较前翅无翅斑的大, 雌性体长分别为 1.55 ± 0.05(1.40 ~ 1.65)mm 和 1.75 ± 0.08(1.55 ~ 1.90)mm, 雄性体长分别为 1.55 ± 0.05(1.45 ~ 1.65)和 2.46 ± 0.19(2.10 ~ 2.70)mm。初羽化的成虫浅黄色、近透明, 随成虫的发育不断分泌蜡粉, 之后在前翅末端有一具金属光泽的斑, 但亦有部分个体前翅无斑。成虫腹部两侧具有蜡粉分泌器, 初羽化时不分泌蜡粉, 随成虫日龄的增加蜡粉分泌量增多。雄性形态与雌性相似, 但腹部末端有一对铗状交尾握器。

2.2 成虫习性观察

2.2.1 羽化与性比:在 26 ~ 31℃、RH 70% ± 10% 的实验室条件下, 成虫在 5:30–13:30 均可发生羽化, 羽化高峰集中在 7:00–9:30, 夜间无羽化行

为。在番石榴上螺旋粉虱的雌雄性比为 1.2:1。

2.2.2 成虫活动节律:螺旋粉虱成虫不活跃,羽化当天不活动;之后,成虫活动具有明显的规律性(图 1)。晴天多集中在上午活动,7:00–9:00 为明显的活动高峰时段;阴天较少活动,活动时间较晴天晚且分散;雨天不活动。

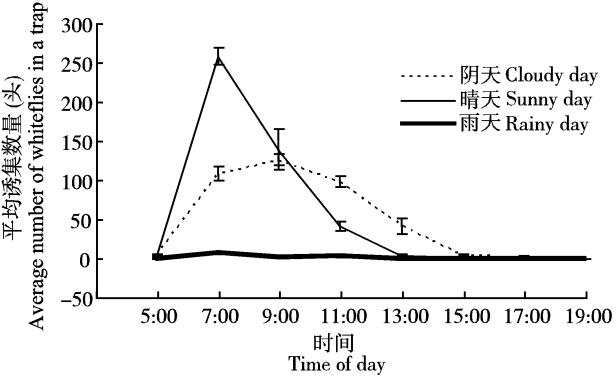


图 1 成虫活动节律

Fig. 1 Activity rhythm of *Aleurodicus dispersus* adults

2.2.3 生殖方式与繁殖能力:交配:成虫羽化 5~8 h 后即可发生交配,交配多发生在 15:00 以后,9:00 前后也可发生交配。在交配前,雄性首先展开双翅并不断煽动翅膀以吸引雌性,有时也会发生雌雄成虫同时煽动翅膀的现象。交尾时雌雄成虫均静止不动,交配时间持续 3~4 min;交尾结束后,雌雄个体分开,之后再行交尾或静止于叶片背面。新的交配行为可以在同一对雌雄个体间或不同雌雄个体间发生。雌雄个体一生均可发生多次交配,交配方式为对接式。

螺旋粉虱可进行孤殖产雄生殖亦可进行两性生殖,产卵范围分别为 0~433 和 0~174 粒/雌,平均产卵量分别为 42.43 ± 12.71 和 61.97 ± 8.29 粒/雌。逐日观察其产卵量发现,不同日龄成虫其产卵量并无规律性。部分成虫羽化第 2 天即可产卵,但产卵量较少;大部分个体在 3 日龄或 3 日龄后才开始产卵,单雌日产卵量为 0~46 粒。

产卵行为:螺旋粉虱的卵巢为发育未成熟型,卵的成熟程度与成虫的日龄有关。刚羽化的成虫卵巢未发育完全。在 26℃、RH 75% ± 10% 条件下,成虫羽化 15 h 后卵发育成熟,第 2 天开始产卵,直至死亡。卵多产于寄主植物叶片背面,部分产于叶片正面;在实验室内条件下,除寄主植物外,还可在养虫笼纱网上产卵。成虫产卵时,边产卵边移动并分泌蜡粉,其移动轨迹多为产卵轨迹,典型的产卵轨迹为螺旋状,该虫亦因此得名。

2.3 温度对螺旋粉虱发育与繁殖的影响

2.3.1 温度对螺旋粉虱发育的影响:实验结果显示,温度对各龄若虫的生长发育有显著影响,高温和低温不利于螺旋粉虱的生长发育。28℃ 时各虫态发育历期最短,卵和 1~4 龄(拟蛹)发育历期分别为 7.2, 4.0, 3.8, 4.1 和 7.6 d,世代发育历期为 26.6 d;18℃ 时各虫态历期最长,世代发育历期为 57.16 d;14℃ 时无法完成世代发育,各龄期死亡率均高于 60%,其中卵期死亡率达 100%,2 龄脱皮进入 3 龄及 3 龄进入拟蛹期的死亡率分别为 90% 和 86%。

表 1 不同温度下螺旋粉虱各虫态发育历期(d)

Table 1 Developmental duration (d) of various stages of *Aleurodicus dispersus* at different temperatures

温度(℃) Temperature	卵 Egg	若虫 Nymph				卵-成虫 Egg to adult
		1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	
32	9.00 ± 0 B	5.49 ± 0.08 CD	4.28 ± 0.07 C	5.73 ± 0.07 BC	8.31 ± 0.11 D	32.81
28	7.15 ± 0.06 C	4.00 ± 0.08 D	3.83 ± 0.65 C	4.09 ± 0.14 D	7.56 ± 0.16 D	26.63
26	8.17 ± 0.06 C	5.35 ± 0.10 CD	4.37 ± 0.07 bBC	4.52 ± 0.08 CD	8.05 ± 0.05 D	30.46
24	9.00 ± 0 B	5.72 ± 0.09 C	4.66 ± 0.08 BC	4.79 ± 0.08 CD	9.40 ± 0.13 C	33.57
20	13.00 ± 0 A	9.13 ± 0.13 B	5.17 ± 0.13 B	6.35 ± 0.13 B	11.40 ± 0.15 B	45.05
18	15.93 ± 0.10 A	11.03 ± 0.19A	7.53 ± 0.06A	8.64 ± 0.20A	14.03 ± 0.18A	57.16
14	—	15.78 ± 4.68	10.83 ± 3.05	15.00 ± 0	22.36 ± 2.35	—

表中数据为平均数 ± 标准误。同列数字后相同大写字母代表不同温度间在 0.01 水平差异不显著 (Duncan 氏新复极差检验)。The data in the table are mean ± SE, and those followed by the same capital letters are not significant at the 0.01 level (Duncan's multiple range test). The same for Table 5.

2.3.2 温度对成虫羽化节律的影响:温度对成虫羽化节律有明显影响(图 2),高温时羽化时间短、羽化高峰明显。在 32℃ 和 28℃ 时,羽化时间多集中在 5:30–7:30;20~26℃ 羽化时间集中为 7:30–

9:30。随着温度的降低,羽化时间延长、高峰不明显;18℃和16℃时,从5:30-17:30均有成虫羽化,但主要集中在上午,分别为69.6%和70.2%。

2.3.3 温度对成虫寿命的影响:当温度为18~32℃时,成虫寿命与温度呈负相关,其线性回归方程为: $y = -0.57T + 22.52$ ($R = 9.22$, $P < 0.01$),即成虫寿命随温度的降低而延长;在18, 20, 24, 26,

28和32℃条件下,成虫寿命分别为11.63, 10.56, 10.26, 9.40, 5.27和3.77 d,在18℃时最长寿命可达36 d。在18℃至32℃范围内,产卵量与温度呈抛物线关系,二次回归方程为: $y = -0.41x^2 + 20.90x - 231.54$ ($R = 0.84$)。26℃时产卵量最高,温度升高或降低,产卵量均有所下降(表2)。

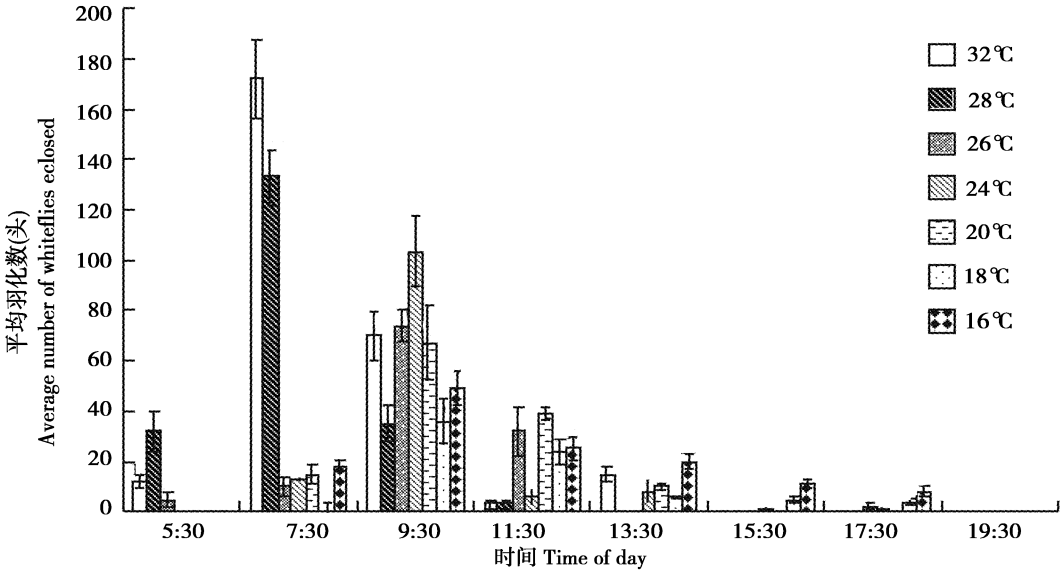


图2 温度对成虫羽化节律的影响
Fig. 2 Effects of different temperatures on eclosion of *Aleurodicus dispersus*

表2 温度对成虫寿命及产卵量的影响

Table 2 Longevity and the number of eggs of *Aleurodicus dispersus* adults at different temperatures

温度(℃) Temperature	平均寿命(d) Average longevity	最长寿命(d) The longest life expectancy	单雌产卵量(粒) Number of eggs laid by single female	两性生殖产卵量(粒) Number of eggs laid by gender reproductive
32	3.77 ± 0.22	11	22.00 ± 10.98 (0-123)	23.50 ± 13.28 (0-143)
28	5.27 ± 0.40	11	24.65 ± 8.76 (0-282)	37.22 ± 9.87 (0-201)
26	9.40 ± 0.63	20	43.34 ± 12.13 (0-433)	60.08 ± 8.30 (0-274)
24	10.26 ± 0.85	25	39.19 ± 13.62 (0-101)	39.00 ± 17.73 (0-232)
20	10.56 ± 0.53	27	17.80 ± 3.09 (0-43)	25.60 ± 10.64 (0-87)
18	11.63 ± 0.83	36	15.05 ± 9.21 (0-21)	17.35 ± 8.56 (0-64)

2.4 发育起点温度、有效积温及实验种群生命表

在18~32℃各态发育速率与温度呈抛物线关系,但在18~28℃之间表现为直线关系。螺旋粉虱的世代发育起点温度为8.88℃,发育历期有效积温为511.86日·度(表3)。采用线型日度模型拟合螺旋粉虱卵、若虫与整个世代发育历期(Y)和温度(T)的关系(表4)表明,螺旋粉虱在海南一年可发生8~9代,世代重叠,无明显越冬虫态;在野外调

查发现,冬季以拟蛹和成虫为主。

环境温度对螺旋粉虱的存活和繁殖均有明显的影响,根据不同温度下各发育时期的存活率和成虫繁殖力资料组建了螺旋粉虱实验种群生命表(表5)。不同温度下螺旋粉虱种群起始数量均为400头,表中各虫态/发育状态的存活率为实际观察值,性比为1.2:1。在不同温度条件下各虫态/发育状态的存活率存在较大差异。若虫的孵化率最高,均

在 90% 以上, 其中 26 和 28℃ 下达到了 100%; 1 龄若虫的存活率最低, 在 24℃ 时仅为 60.42%。就整个世代的存活而言, 28℃ 时代存活率最高, 温度升高或降低均不利于其种群繁殖。种群增长趋势指数与温度之间的关系呈抛物线形, 其回归方程为:

$$I = -0.1668t^2 + 8.9839t - 103.47 (R = 0.9103)$$

对方程求导并令其为 0, 解得 $t = 26.93$, 此时 I 取得最大值 17.49; 即在 26.93℃ 下, 经过一个世代后, 其种群数量达到原来的 17.49 倍。说明螺旋粉虱在新的区域一旦发生, 其后代将呈倍增长。

表 3 螺旋粉虱各虫态发育起点温度和有效积温
Table 3 Developmental threshold and the effective accumulative temperature for various developmental stages of *Aleurodicus dispersus*

发育阶段 Developmental stage		发育起点温度(℃) Developmental threshold	有效积温(日·度) EAT (degree-day)
卵 Egg 若虫 Nymph	1 龄 1st instar	9.92	129.41
	2 龄 2nd instar	12.87	63.60
	3 龄 3rd instar	6.15	82.67
	4 龄 4th instar	8.30	78.59
	卵-成虫 Egg to adult	6.15	163.18
		8.86	511.86

表 4 拟合螺旋粉虱发育速率与温度的关系模型
Table 4 Relationships between developmental speed and temperature of *Aleurodicus dispersus*

发育阶段 Developmental stage	二次回归模型 Quadratic regressive model		
	拟合方程 Fitting equation	R	χ^2
卵 Egg	$y = -0.0007x^2 + 0.0396x - 0.4253$	0.9666**	0.0045
若虫 Nymph	1 龄 1st instar $y = -0.0012x^2 + 0.0687x - 0.768$	0.9216**	0.0144
	2 龄 2nd instar $y = -0.0009x^2 + 0.0523x - 0.5056$	0.9565**	0.0051
	3 龄 3rd instar $y = -0.0016x^2 + 0.0846x - 0.8948$	0.9738**	0.0033
	4 龄 4th instar $y = -0.0005x^2 + 0.0264x - 0.2592$	0.9784**	0.0810
卵-成虫 Egg to adult	$y = -0.0002x^2 + 0.0098x - 0.1036$	0.9689**	0.2101

** 表示在 0.01 水平差异显著(卡方检验) Representing significant difference at the 0.01 level (χ^2 test).

表 5 不同温度条件下螺旋粉虱实验种群生命表
Table 5 Experimental population life tables of *Aleurodicus dispersus* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	各虫态/发育状态存活率 Survival at different stages					
	32℃	28℃	26℃	24℃	20℃	18℃
卵 Egg	0.97	1.00	1.00	0.98	0.97	0.94
若虫 Nymph	1 龄 1st instar	0.83	0.83	0.77	0.60	0.69
	2 龄 2nd instar	0.87	0.85	0.89	0.92	0.75
	3 龄 3rd instar	0.84	0.80	0.78	0.78	0.80
	4 龄 4th instar	0.86	0.90	0.76	0.78	0.81
合计 Total	0.50	0.51	0.41	0.33	0.33	0.32
成虫获得数量 Number of adults	51	39	37	40	38	42
雌性数量 Number of females	27.82	21.27	20.18	21.82	20.73	22.91
平均产卵量 Number of eggs/♀	22	24.65	43.34	39.19	17.8	15.05
I	13.28	15.09	21.16	15.33	7.03	5.72

3 讨论

温度对螺旋粉虱的生长发育有明显影响。本研究表明, 18 ~ 28℃时世代发育历期在 26.63 ~ 57.16 d; 在 28℃时各虫态发育历期最短, 卵、1 ~ 3 龄若虫及拟蛹发育历期分别为 7.15, 4.00, 3.83, 4.09 和 7.56 d, 与 Banjo (2003) 的研究结果基本一致。此外, 温度对其成虫寿命也有显著影响, 18 ~ 32℃时, 随着温度的降低, 成虫寿命延长, 最长可达 36 d, Russell (1965) 曾报道其寿命最长为 39 d。

本实验结果表明, 螺旋粉虱成虫不活跃, 活动有明显的规律性。晴天活动时间多集中在上午; 阴天活动少, 活动时间相对晴天晚且较为分散; 雨天不活动。因此可应用这一生物学特性指导螺旋粉虱的监测与防控工作, 调查和监测可在晴天上午 7:00 左右、成虫较为活跃且易于发现的时候进行, 化学防治则选择在晴天下午或阴天、成虫不活跃的时间进行。

由于螺旋粉虱生长速度快, 18 ~ 28℃时世代发育历期为 26.63 ~ 57.16 d, 而且繁殖能力强, 但是, 不同的文献中螺旋粉虱产卵量差异较大 (温宏治等, 1994; 钱景秦等, 2002), 本研究在 26℃时, 螺旋粉虱单雌最高产卵量为 433 粒, 与 Charati (2003) 的报道接近 (400 粒), 其种群增长指数为 5.72 ~ 21.16。因此, 应加强对螺旋粉虱分布与发生的调查与监测, 掌握其分布区域与发生情况, 及时采取综合措施, 控制螺旋粉虱种群的进一步增长和扩散, 以避免或减缓造成更大的损失。低温和高温均不利其繁殖, 14℃下无法完成世代以育, 因此可利用冬季低温不利于其生长繁殖的特点, 及时采取相应的防控措施, 以降低虫口密度。

致谢 特别感谢中国科学院动物研究所黄大卫老师对本文的修改与指导。

参 考 文 献 (References)

- Banjo AD, Hassan AT, Jackai LEN, Dixon AGO, Ekanayake IJ, 2003. Developmental and behavioural study of spiralling whitefly (*Aleurodicus dispersus*) on three cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes. *Crop Research*, 26(1): 145 - 149.
- Babu BG, David PMM, 1999. New host plant records and host range of the spiraling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera: Aleyrodidae). *Madras Agric. J.*, 86(4 - 6): 305 - 313.
- CAB International, 1993. Distribution Maps of Pests. *Aleurodicus*

- dispersus* Russell. Map no. 476. CABI, Wallingford, UK.
- Charati SN, Pokharkar DS, Ghorpade SA, 2003. Abundance of spiralling whitefly, a newly introduced pest in Maharashtra State. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 28(1): 83 - 84.
- Chien CC, Chou LY, Chang SC, 2002. Occurrence and biological control of *Aleurodicus dispersus*. *Formosan Entomol. Spec. Pub.*, 3: 93 - 109. [钱景秦, 周梁益, 张淑贞, 2002. 螺旋粉虱之发生与生物防治. 台湾昆虫特刊, 3: 93 - 109]
- Douressamy S, Senguttuvan K, Chandramohan N, Subramanian A, 2002. Biology of spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell on tapioca and guava. *Journal of Applied Zoological Researches*, 13 (2/3): 212 - 213.
- Dubey AK, Sndararaj R, 2004. Host range of the spiraling whitefly *Aleurodicus dispersus* Russell (Aleyrodidae: Homoptera) in west emghats of South India. *Indian Journal of Forestry*, 27 (1): 63 - 65.
- Han DY, Liu K, Chen W, Fan ZW, Huang WR, Peng ZQ, Yu GY, Zhang GL, FU YG, 2008. Distribution and host plants of spiraling whitefly, *Aleurodicus dispersus*, in Hainan. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(3): 583 - 588. [韩冬银, 刘奎, 陈伟, 范志伟, 黄武仁, 彭正强, 虞国跃, 张国良, 符悦冠, 2008. 螺旋粉虱在海南的分布与寄主植物种类调查. 昆虫知识, 45(3): 583 - 588]
- Lambkin TA, 1999. A host list for *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera: Aleyrodidae) in Australia. *Australian Journal of Entomology*, 38: 373 - 376.
- Mani M, Krishnamoorthy A, 1996. Spiralling whitefly and its natural enemies on guava in Karnataka. *Insect Environment*, 2 (1): 12 - 13.
- Neuenschwander P, 1994. Spiralling whitefly *Aleurodicus dispersus*, a recent invader and new cassava pest. *African Crop Science Journal*, 2(4): 419 - 421.
- Prathapan KD, 1996. Outbreak of the spiraling whitefly *Aleurodicus dispersus* Russell (Aleyrodidae: Homoptera) in Kerala. *Insect Environment*, 2: 36 - 38.
- Rajamma P, Rajasree KM, Jayaprakas CA, 2002. Biology of spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera: Aleyrodidae). *Indian Society for Root Crops*, 28(1): 59 - 62.
- Russell LM, 1965. A new species of *Aleurodicus dispersus* Douglas and two close relatives (Homoptera: Aleyrodidae). *Fla. Entomol.*, 48 (1): 47 - 55.
- Wen HC, Hsu TC, Chen CN, 1994. Effects of temperature on the development, adult longevity, activity and oviposition of the spiralling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell (Homoptera: Aleyrodidae). *Chinese J. Entomol.*, 14: 163 - 172. [温宏治, 许洞庆, 陈秋男, 1994. 温度对螺旋粉虱发育、成虫寿命、活动及产卵之影响. 中华昆虫, 14: 163 - 172]
- Wen HC, Hsu TC, Chen CN, 1995. Yield loss and control of spiralling whitefly (*Aleurodicus dispersus* Russell). *J. Agric. Res. China*, 44: 147 - 156. [温宏治, 许洞庆, 陈秋男, 1995. 螺旋粉虱为害损失与防治. 中华农业研究, 44: 147 - 156]

- Yu GY, Zhang GL, Peng ZQ, Liu K, Fu YG, 2007. The spiraling whitefly, *Aleurodicus dispersus*, invaded Hainan Island of China. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(3): 428–431. [虞国跃, 张国良, 彭正强, 刘奎, 符悦冠, 2007. 螺旋粉虱入侵我国海南. 昆虫知识, 44(3): 428–431]
- Zhang XX, 2002. Insect Ecology and Forecast. China Agriculture Press, Beijing. 77–83. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 77–83]
- (责任编辑: 袁德成)

图版 I 说明 Explanation of Plate I

A1: 初产的卵 Newly laid egg; A2–A3: 形成胚胎的卵 Embryonic development; A4: 发育成熟的卵 Mature egg; B1: 初孵若虫 Newly emerged 1st instar; B2: 1 龄中期 1st instar at metaphase (arrows showing leg); B3: 1 龄后期 1st instar at anaphase; C1: 2 龄初期 Newly emerged 2nd instar; C2: 2 龄中期 2nd instar at metaphase; C3: 2 龄中后期 2nd instar at mid and late stages; C4: 2 龄后期 2nd instar at anaphase; C5: 2 龄虫足的退化情况 Degenerated legs of 2nd instar; D1: 3 龄初期 Newly emerged 3rd instar; D2: 3 龄中期 3rd instar at metaphase; D3: 3 龄后期 3rd instar at anaphase; D4: 3 龄虫退化的足 Degenerated legs of 3rd instar; E1: 拟蛹初期 Newly emerged pupa; E2: 拟蛹中期 Pupa at metaphase; E3: 拟蛹后期 pupa at anaphase; E4: 拟蛹期退化的足 Degenerated legs of pupa; F: 聚集于叶脉两侧取食的若虫 Nymphs feeding on both sides of nervation; G: 刚羽化的雌成虫 Newly emerged male adult; H: 羽化 8 h 的雌成虫 8 h old female (arrows showing ovipositor); I: 发育正常的 3 日龄雌成虫 3 days old female (arrows showing crescent waxes); J: 两种形态的雄性成虫 Two types of male adult; J1: 无翅斑型雄成虫 Wingless-type pattern of male adult; J2: 翅斑 Spot; K: 交配 Mating.

